

UNJUK KERJA RANGKAIAN PENGGANDA TEGANGAN UNTUK PELAYANAN LAMPU TL (TUBE LUMINATION)

Tawarno¹, Ghoni Musyaha, Aldo Destya, Andrie Yudo
 Teknik Elektronika Politeknik Muhammadiyah Pekalongan
 Jl. Raya Pahlawan No. 10 Gejlig – Kajen Kab. Pekalongan
 Telp. : (0285) 385313

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mendapatkan alternatif penyalan awal lampu TL (*Tube Lumination*). Lampu TL tidak dapat menyala secara langsung dihubungkan dengan sumber tegangan. Pada penyalan awal lampu TL memerlukan tegangan yang tinggi, oleh karena itu digunakan rangkaian pengganda tegangan untuk menghasilkan tegangan yang tinggi.

Cara penyalan lampu TL ini memerlukan empat rangkaian utama, yaitu pengganda tegangan, transformator, catu daya, dan saklar tunda. Pengganda tegangan berfungsi untuk menghasilkan tegangan tinggi untuk penyalan awal lampu TL. Transformator berfungsi untuk mensuplai lampu TL pada saat nyala normal dan ke rangkaian catu daya. Catu daya berfungsi mensuplai tegangan untuk rangkaian saklar tunda. Saklar tunda berfungsi untuk memindahkan suplai tegangan dari rangkaian pengganda tegangan ke transformator.

Hasil pengujian dan pengamatan terhadap unjuk kerja rangkaian pengganda tegangan tiga kali menunjukkan besarnya tegangan sebesar 45 volt, arus yang mengalir 0,21 ampere, besarnya daya sebesar 9,45 watt, kuat penerangannya sebesar 75 lux. Pada saat lampu TL mendapat suplai dari transformator tegangannya 43 volt, arus yang mengalir 0,266 ampere, besarnya daya 9,156 watt, faktor daya ($\cos \phi$) 0,8 dan kuat penerangannya sebesar 60 lux.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan modern, energi listrik memegang peranan yang sangat penting. Sebagai salah satu energi yang dominan digunakan oleh masyarakat, energi listrik banyak manfaatnya. Tidak terbatas pada pemanfaatan sebagai sumber energi penerangan, energi listrik juga digunakan pada sarana transportasi, komunikasi dan instrumentasi.

Pemasangan lampu TL (*Tube Lumination*) tidak dapat dihubungkan langsung dengan jala-jala PLN seperti lampu biasa. Sistem penyalan lampu TL (*Tube Lumination*) ada beberapa macam yaitu : ballast, lampu pijar, elemen pemanas, frekuensi tinggi, tegangan tinggi.

Sistem penyalan pertama sampai ketiga memerlukan komponen pembantu yaitu starter. Sedangkan penyalan keempat dan kelima tidak memerlukan starter.

Sistem penyalan lampu TL (*Tube Lumination*) yang umum digunakan oleh masyarakat dengan menggunakan ballast dan starter. Dengan mengacu pada proses penyalan lampu TL (*Tube Lumination*) yang memerlukan tegangan cukup tinggi guna mengalirkan elektron-elektron yang ada di dalam tabung, maka menarik untuk diteliti suatu alat penyalan lampu TL (*Tube Lumination*) dengan menerapkan tegangan yang cukup tinggi yang selama ini belum ada di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana merencanakan rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan awal lampu TL (*Tube Lumination*) ?
- b. Berapa besar tegangan, arus, daya, dan kuat penerangan lampu TL (*Tube Lumination*) pada saat mendapat suplai dari rangkaian pengganda tegangan (nyala awal) ?
- c. Berapa besar tegangan, arus, daya, faktor daya, dan kuat penerangan lampu TL (*Tube Lumination*) pada saat mendapat suplai dari transformator (nyala normal) ?
- d. Berapa besar energi listrik yang diserap lampu TL (*Tube Lumination*) selama satu jam ?

1.3 Batasan Masalah

Rangkaian pengganda tegangan banyak ragamnya, maka dipilih salah satu yaitu pengganda tegangan tiga kali (*voltage tripler*). lampu TL (*Tube Lumination*) yang dipilih adalah yang berdaya 10 watt/220 volt, dari beragam daya yang ada di pasaran.

1.4 Tujuan

- a. Ingin merencanakan pengganda tegangan untuk penyalan awal lampu TL (*Tube Lumination*).
- b. Ingin mengetahui besarnya tegangan, arus, daya, dan kuat penerangan dari lampu TL (*Tube Lumination*)

- pada saat mendapat suplai dari rangkaian pengganda tegangan (nyala awal).
- c. Ingin mengetahui besarnya tegangan, arus, daya, dan kuat penerangan dari lampu TL (*Tube Lumination*) pada saat mendapat suplai dari transformator (nyala normal).
- d. Ingin mengetahui besarnya energi listrik yang diserap lampu TL (*Tube Lumination*) selama satu jam.

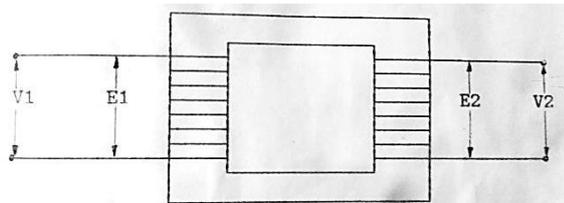
2. KERANGKA TEORITIK

2.1 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan dapat mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet (Zuhal, 1975 : 1).

Transformator tidak mengubah besarnya frekuensi sehingga besarnya frekuensi pada lilitan primer dan lilitan sekunder sama.

Transformator digunakan untuk mensuplai lampu TL (*Tube Lumination*). Penyambungan tegangan dari transformator melalui relay. Pembahasan lebih lanjut tentang transformator yang digunakan adalah sebagai berikut : transformator yang digunakan merupakan transformator penurun tegangan (*step-down*). Transformator ini menurunkan tegangan dari jaringan PLN menjadi tegangan rendah yang diperlukan untuk menyalakan lampu TL (*Tube Lumination*). Untuk lebih mempermudah pemahaman tentang transformator, dapat diterangkan dengan bantuan gambar sebagai berikut :



Gambar II.1 Transformator

Apabila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan berbentuk sinus, akan mengalir arus primer yang juga berbentuk sinus. Apabila lilitan primer (N_1) diasumsikan reaktif murni, arus primer akan tertinggal sebesar 90° dari tegangan. Arus primer menimbulkan fluks (ϕ) sefase yang juga berbentuk sinus. Fluks yang berbentuk sinus ini akan menghasilkan tegangan induksi sebesar :

$$E_1 = 4,44 \times N_1 \times f \times \phi \text{ maks} \dots\dots\dots (II.1)$$

Pada lilitan sekunder juga akan terbangkitkan tegangan induksi sebesar :

$$E_2 = 4,44 \times N_2 \times f \times \phi \text{ maks} \dots\dots\dots (II.2)$$

$$\phi_m = B_m \times A \dots\dots\dots (II.3)$$

Dimana,

E_1 : Tegangan induksi pada lilitan primer (Volt)

E_2 : Tegangan induksi pada lilitan sekunder (Volt)

N_1 : Jumlah lilitan primer

N_2 : Jumlah lilitan sekunder

f : frekuensi (Hertz)

B_m : Kerapatan fluks maksimum (Weber/meter²)

A : Luas penampang inti magnet (meter²)

2.2. Daya Listrik

Daya listrik pada rangkaian arus bolak-balik tergantung pada sifat beban yang terpasang. Beban listrik bermacam-macam sifatnya, yaitu bersifat resistif murni, kapasitif, dan induktif, serta kombinasi dari ketiganya. Sifat beban ini akan berpengaruh pada pemakaian daya listriknya, karena terdapat pergeseran fase antara arus dengan tegangan.

Menurut Lee dan Muslimin dalam buku rangkaian listrik (1993:79) menyebutkan bahwa, $\cos \phi$ atau faktor daya didefinisikan sebagai :

- a. Cosinus sudut

Cosinus sudut dapat bersifat lagging (ketinggalan) atau leading (mendahului) antara arus dan tegangannya.

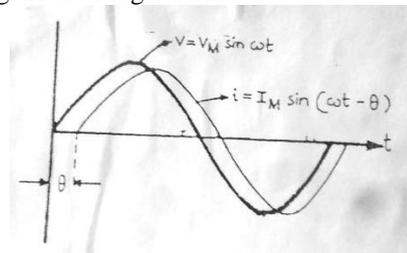
- b. Perbandingan antara tahanan dengan impedansi

$$\cos \phi = R / Z \dots\dots\dots (II.4)$$

- c. Perbandingan antara daya sesungguhnya dengan daya semu

$$\cos \phi = \frac{V \times I \times \cos \phi}{V \times I} \dots\dots\dots (II.5)$$

Jika arus dan tegangan berbentuk sinus, maka akan terdapat pergeseran fase antara arus dan tegangan yang dilambangkan dengan ϕ . Arus akan ketinggalan fasenya dengan sudut ϕ . Hal ini dapat ditunjukkan dengan gambar sebagai berikut :



Gambar II.2 Pergeseran fase pada rangkaian arus bolak-balik

Pergeseran fase di atas terjadi perlambatan antara arus dan tegangan dengan sudut sebesar ϕ , maka dalam perhitungan daya listrik harga ϕ dimasukkan ke persamaan daya yaitu $p = e \cdot i$

dimana,

$$e = E_{\text{mak}} \sin wt$$

$$i = I_{\text{mak}} \sin (wt - \phi)$$

sehingga,

$$p = E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}} \sin wt \sin (wt - \phi)$$

jika $\theta = wt$, maka besarnya daya

$$p = E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}} \sin \theta \sin (\theta - \phi)$$

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}} \sin \theta \sin (\theta - \phi) d\theta$$

$$P = \frac{E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}}}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\cos \phi - \cos(\theta - \phi)}{2} d\theta$$

$$P = \frac{E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}}}{4\pi} \left[\theta \cos \phi - \frac{\cos(\theta - \phi)}{2} \right]_0^{2\pi}$$

$$P = \frac{E_{\text{mak}} \cdot I_{\text{mak}}}{2\pi} \cdot \cos \phi$$

$$P = E \cdot I \cos \phi \dots\dots\dots (II.6)$$

Pada perhitungan daya yang sesungguhnya E dan I menyatakan harga rms, sedangkan $\cos \phi$ adalah faktor daya dari beban yang digunakan.

Dalam rangkaian arus bolak-balik, untuk perhitungan daya listrik dikenal beberapa macam daya listrik yang digunakan, yaitu :

a. Daya semu

Daya semu merupakan perkalian antara tegangan efektif dengan arus efektif pada rangkaian arus bolak-balik. Daya semu dirumuskan :

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots (II.7)$$

dimana,

S = daya listrik (Volt Ampere)

V = tegangan listrik (Volt rms)

I = arus listrik (Ampere rms)

b. Daya Sesungguhnya

Daya sesungguhnya merupakan perkalian daya semu dengan faktor daya. Daya sesungguhnya dirumuskan :

$$P = V \cdot I \cos \phi \dots\dots\dots (II.8)$$

dimana,

P = daya listrik (Watt)

V = tegangan listrik (Volt rms)

I = arus listrik (Ampere rms)

$\cos \phi$ = faktor daya

c. Daya Reaktif

Komponen reaktif sefase dengan V yaitu $I \cos \phi$ dikenal sebagai komponen watt atau wattful, sedangkan komponen reaktif tegak lurus terhadap V, yaitu $I \sin \theta$.

Perkalian tegangan dan arus dalam rangkaian bolak-balik menghasilkan VA. Bila VA diuraikan pada sistem sumber akan dihasilkan daya, yaitu :

Daya nyata = $VI \cos \phi$ (daya sesungguhnya)

Daya reaktif = $VI \sin \phi$ (daya reaktif)

Daya reaktif dapat dirumuskan

$$Q = V \cdot I \sin \phi \dots\dots\dots (II.9)$$

dimana,

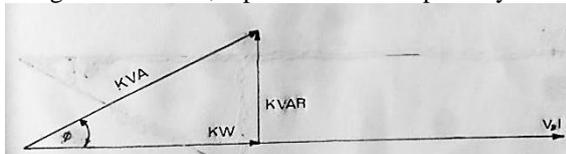
Q = daya listrik reaktif (VAR)

V = tegangan listrik (Volt rms)

I = arus listrik (Ampere rms)

$\sin \phi$ = sinus sudut (Lagg atau lead)

Biasanya dengan orde kילו Watt. Untuk menguraikan KVA, diperoleh dua komponen yaitu :



Gambar II.3 Grafis hubungan dari ketiga daya listrik

Ketiga macam daya dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$KW = KVA \cos \phi$$

$$KVAR = KVA \sin \phi$$

$$KVA = \sqrt{KW^2 + KVAR^2} \dots\dots\dots (II.10)$$

dimana,

KW = daya nyata (Kילו Watt)

KVAR = daya reaktif (Kילו Volt Ampere Reaktif)

KVA = daya semu (Kילו Volt Ampere)

Perhitungan daya dilakukan dengan cara seperti yang telah dipaparkan di atas. Pemakaian daya listrik diukur dalam Kילו Watt Jam (KWH), dimana daya listrik yang dipakai dihitung per satuan waktu yaitu jam, dan besarnya daya listrik yang dipakai ini disebut dengan energi listrik.

Energi listrik dirumuskan, yaitu apabila dalam suatu penghantar, seperti pada Gambar II.4 berikut ini



Gambar II.4 Dua penghantar sepanjang a-b

$$W = Q (V_a - V_b) = Q \delta V$$

$$\text{Jadi } W = V \cdot I \cdot t$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$W = (V^2/R) \cdot t \dots\dots\dots (II.11)$$

dimana,

W = usaha listrik (Joule)

V = tegangan listrik (Volt)

I = kuat arus (Ampere)

t = waktu (detik)

R = hambatan (Ohm)

Energi listrik yang digunakan oleh beban listrik dalam setiap detiknya tergantung pada besarnya daya beban. Misalnya beban listrik bertuliskan 10W/220V, maka energi listrik yang digunakan adalah sebesar 10 Joule per detik.

Untuk mengalirkan listrik, sumber tegangan harus mengeluarkan energi atau usaha (W). Besarnya usaha sama dengan besarnya energi yang dikeluarkan sebesar $V \cdot I \cdot t$. Pada penghantar yang mempunyai beda potensial (V) Volt, kuat arus (I) Ampere, dan waktu (t) detik, maka sumber tegangan melakukan usaha (W) sebesar $V \cdot I \cdot t$ Joule. Besarnya usaha yang dilakukan sumber tegangan tiap detik inilah yang disebut dengan daya sumber tegangan.

Besarnya daya dirumuskan sebagai berikut :

$$P = W/t = V \cdot I \cdot t/t$$

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (II.12)$$

dimana,

P = daya listrik (Watt)

W = usaha listrik (Joule)

t = waktu (detik)

Pada pemakaian daya yang sesungguhnya di masyarakat biasanya dikaitkan dengan waktu yaitu energi listrik dalam kילו watt jam (KWH). Hal ini dapat dilihat pada KWH meter yang terpasang pada rumah-rumah pelanggan listrik.

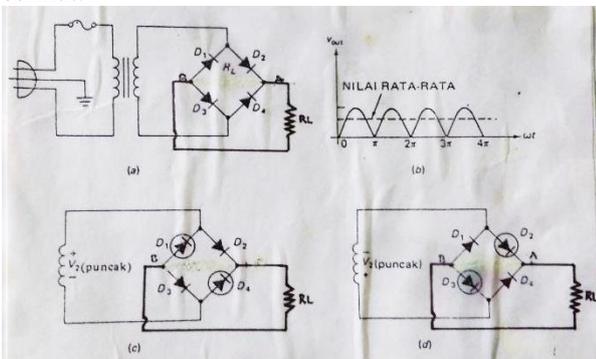
Sebagai contoh pemakaian daya, yaitu bila memakai lampu TL (*Tube Lumination*) berdaya 10 Watt selama satu jam, maka penggunaan energi listriknya sebesar 0,01 KWH. Harga langganan listrik tiap bulan didasarkan pada banyaknya energi listrik yang digunakan. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara mengalirkan harga rupiah untuk setiap KWH-nya dengan banyaknya KWH per bulan. Namun biasanya biaya tersebut disamping harga energi listrik yang digunakan masih ditambah lagi dengan biaya lain seperti sewa KWH meter dan pajak penerangan jalan (PPJ).

2.3 *Catu Daya DC*

Catu daya merupakan suatu rangkaian yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC, (Malvino, 1979 : 59). Catu daya dipakai untuk mensuplai saklar tunda. Agar semua sub rangkaian dapat bekerja dengan baik, maka dalam pemberian catu daya ke masing-masing sub rangkaian digunakan penstabil tegangan. Pembahasan lebih lanjut tentang catu daya yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

Catu daya yang digunakan merupakan hasil proses penyearahan dari gelombang AC menjadi DC yang didapatkan dari jala-jala PLN dengan menggunakan transformator penurunan tegangan.

Tegangan yang dibutuhkan disearahkan dengan menggunakan penyearah model jembatan. Untuk lebih mempermudah pemahaman tentang penyearahan model jembatan, dapat diterangkan dengan bantuan gambar berikut.



Gambar II.5 Dasar penyearahan jembatan

(a). rangkaian penyearah gelombang penuh, (b). bentuk gelombang keluaran, (c). dan (d). arah aliran arus yang melewati R1.

Penyearah di atas adalah jenis penyearahan gelombang penuh, dimana empat buah dioda digunakan untuk proses penyearahannya. Penyearahan dilakukan selama setengah siklus positif pada keluaran sekunder dari transformator step down dengan membias dioda D2 dan D3. Arus mengalir dari titik A ke titik B (gambar c). Selama setengah siklus selanjutnya (negatif), arus melewati D1 dan D4 dengan arah arus dari titik A ke titik B. Proses diatas berlangsung terus, sehingga keluaran tegangan keluaran pada beban adalah gelombang penuh seperti pada gambar b.

Harga tegangan keluaran rata-ratanya adalah :

$$V_{dc} = \frac{2 \times V_p}{\pi} \dots\dots\dots (II.13)$$

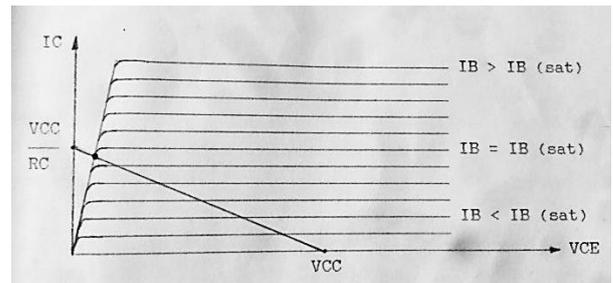
Sedangkan besarnya harga frekuensi pada beban adalah

$$f_o \text{ (Hz)} = 2 \times f_{in} \dots\dots\dots (II.14)$$

frekuensi keluaran menjadi dua kali frekuensi input karena tiap siklus input menghasilkan dua siklus output. Selanjutnya tegangan keluaran dari rangkaian jembatan distabilkan dengan menggunakan regulator LM 7815 sebelum dimasukkan ke saklar tunda.

2.4 *Saklar Tunda*

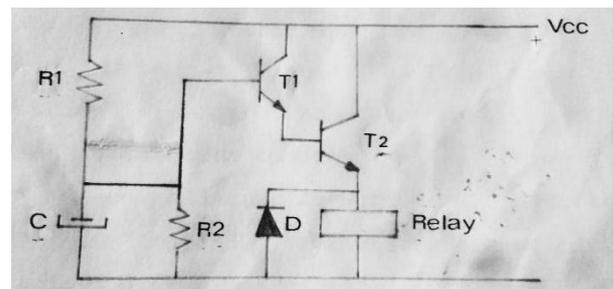
Otak dari rangkaian saklar tunda adalah transistor. Transistor mempunyai empat daerah operasi yaitu : jenuh, aktif, dadal, dan putus. Untuk lebih memperjelas mengenai keempat daerah operasi tersebut lihat gambar II.6 di bawah :



Gambar II.6 Kurva-kurva Kolektor

Operasi transistor sebagai saklar berada pada daerah sumbat dan jenuh. Dalam daerah ini, dioda kolektor mendapat prategangan maju yang kecil karena VCE berada sedikit dibawah 0,7 Volt.

Saklar tunda merupakan suatu rangkaian yang berfungsi memutuskan / menghubungkan arus lampu dari rangkaian pengganda tegangan setelah menyala normal. Setelah itu menghubungkan lampu dengan transformator yang sudah ditentukan besarnya tegangan. Pembahasan lebih lanjut tentang saklar tunda, dapat diterangkan dengan bantuan gambar sebagai berikut



Gambar II.7 Rangkaian saklar tunda

Apabila tegangan catu daya dihidupkan maka C1 diisi muatan melalui R1. Apabila tegangan Vc (tegangan

pada kapasitor) telah cukup besar maka transistor T1 dan T2 akan menghantar. Kapasitor berjarak dengan R2 = 10M yang mempunyai resistansi yang tinggi, mencegah arus mengalir ke massa.

Transistor T1 dan T2 dihubungkan secara darlington. Arus emitor dari transistor T1 dikuatkan oleh transistor T2. Dengan demikian menghasilkan faktor penguatan arus yang besar. Faktor penguatan arus keseluruhan $\beta_T = \beta_{T1} \times \beta_{T2}$ sehingga relay akan menjadi on. (Elex : 23)

Dioda yang berjarak pada posisi reserve bekerja mengamankan relay. Apabila relay membuka maka medan magnet di dalam kumparan lenyap dengan cepat hal ini membebaskan tenaga yang ada secara mendadak. Dengan demikian terjangkitlah tegangan yang lebih besar dari tegangan catu, hal ini akan merusakkan transistor-transistor tersebut.

Operasi saklar tunda dengan transistor menggunakan dua buah kondisi kerja transistor, yaitu titik sumbat dan titik jenuh.

Titik dimana garis beban memotong kurva $I_B = 0$ disebut dengan titik sumbat ($V_{cut\ off}$). Pada titik ini arus basis adalah nol dan arus kolektor kecil sehingga dapat diabaikan (hanya arus bocoran I_{CEO}). Pada titik sumbat, dioda emitor kehilangan forward bias, dan kerja transistor yang normal menjadi berhenti. Pada kondisi ini berlaku $V_{CE} (cut\ off) \approx V_{CC}$.

Perpotongan dari garis beban dan kurva $I_B (sat)$ disebut dengan penjenuhan (saturation). Pada titik ini arus basis sama dengan $I_B (sat)$ dan arus kolektor adalah maksimum. Pada daerah penjenuhan dioda kolektor kehilangan reserve bias dan kerja transistor yang normal terhenti.

Pada kondisi ini berlaku :

$$I_C (sat) = \frac{V_{CC}}{R_1}$$

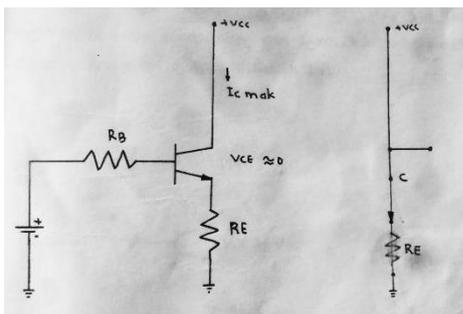
dan arus basis yang tepat menimbulkan penjenuhan adalah :

$$I_B (sat) = \frac{I_C (sat)}{h_{FE}}$$

tegangan kolektor-kolektor pada penjenuhan adalah :

$$V_{CE} = V_{CE} (sat)$$

Pada kondisi penjenuhan, transistor berlaku ketentuan V_{CE} hampir sama dengan nol dan I_C saturasi sama dengan V_{CC}/R_W . Kondisi tersebut seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini

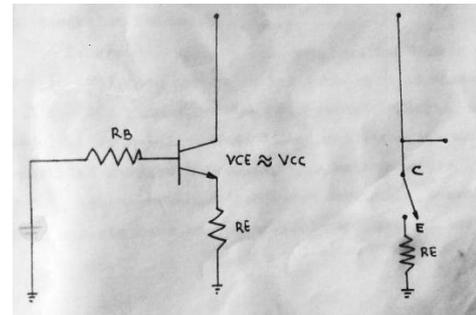


Agar transistor jenuh, selain diperlukan $I_B (sat)$ juga diperlukan tegangan V_{BE} sebesar 0,7 volt untuk transistor jenis silikon agar transistor dapat bekerja.

Dalam perancangan transistor sebagai saklar, beban RE diganti dengan lilitan relay. Untuk melindungi transistor dari kerusakan akibat timbulnya tegangan kejut dari lilitan relay, maka dipasang dioda secara jajar dengan posisi reverse. Tahanan RE diganti dengan lilitan relay yang mempunyai tahanan sebesar 160 Ω . Dengan mengetahui besarnya tahanan RE, maka besarnya arus kolektor pada saat saturasi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_C (sat) &= V_{CC}/RE \\ &= V_{CC} - V_{CE} / 160 \Omega \\ &= 15 \text{ volt} - 0,3 \text{ vilt} / 160 \Omega \\ &= 92 \text{ mA} \end{aligned}$$

Pada kondisi transistor cut off berlaku ketentuan V_{CE} hampir sama dengan V_{CC} dan $I_C \approx 0$, kondisi rangkaianannya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Untuk membuat transistor dalam kondisi cut off, maka diperlukan tegangan basis sama dengan nol, dengan cara tidak memberi tegangan bias pada basis, sehingga $I_B = 0$ atau memberikan tegangan reverse pada dioda basis emitor.

Pada Gambar II.7 menggunakan komponen elektronika $R_1 : 10k$, $R_2 : 10M$, $C : 1000\mu F/25 \text{ volt}$, $D : 1N4001$, Relay 12 volt, $V_{CC} : 15 \text{ volt}$. Sehingga perhitungan tunda waktu dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{CC} - V_{CEj}}{R_{relay}} \\ I_C &= \frac{15 \text{ volt} - 0,3 \text{ volt}}{160 \Omega} \\ I_C &= 92 \text{ mA} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk I_B dapat dihitung dengan persamaan $I_C \text{ jenuh} < h_{FE} \cdot I_B$

$$\begin{aligned} I_B &> \frac{I_C \text{ jenuh}}{h_{FE1} \cdot h_{FE2}} \\ I_B &> \frac{92 \text{ mA}}{110 \times 110} \\ I_B &> 7,6 \mu A \end{aligned}$$

2.5 Rangkaian Pengganda Tegangan

Pengganda tegangan akan menghasilkan sumber tegangan searah (DC) yang merupakan kelipatan dari tegangan bolak balik (AC) yang diberikan. Pengganda tegangan mempunyai regulasi yang besar, maka dalam penelitian ini menggunakan rangkaian pengganda tegangan tiga kali (*voltage tripler*). Untuk lebih memahami rangkaian pengganda tegangan tiga kali beserta cara kerjanya dijelaskan sebagai berikut ini

- Setengah siklus pertama periode pertama saat titik a positif dan titik b negatif. D1 ON, D2 dan D3 juga ON sehingga C1 dan C3 diisi setinggi tegangan puncak V_p .
- Setengah siklus kedua periode pertama saat titik a negatif dan titik b positif. D1 OFF, D2 ON, C2 diisi setinggi $2 V_p$.
- Setengah siklus pertama periode kedua, titik a kembali positif dan titik b negatif D1 ON, D2 OFF, D3 ON, C1 diisi, C3 diisi setinggi $3 V_p$.

Setelah siklus pertama saat titik a pada tegangan jala-jala PLN berpolaritas positif dan titik b negatif, dioda D1 mendapat panjar maju sehingga menghantar dan mengisi C1. Pada saat ini D2 dan D3 juga menghantar sehingga C3 juga terisi. Sementara C2, belum terisi karena kedua terimannya dihubung singkat oleh D1 dan D2 yang sedang menghantar. Setengah siklus berikutnya, titik a negatif dan titik b positif. Tegangan jala-jala PLN terhubung seri dengan tegangan pada C1 sehingga melalui D2 yang on mengisi C2 setinggi $2 V_p$, sementara D1 dan D3 off.

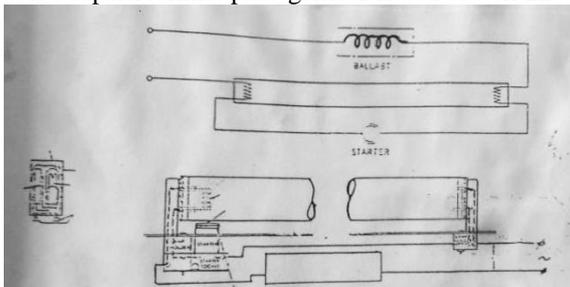
Pada setengah siklus pertama periode kedua, kembali titik a positif dan titik b negatif sehingga tegangan jala-jala PLN sekarang terhubung seri dengan tegangan setinggi $2 V_p$ pada C2, akibatnya melalui D3 yang sekarang on, C3 akan terisi tegangan setinggi $3 V_p$, sementara D2 off, D1 on dan mengisi C1 setinggi V_p .

2.6 Tabung Lampu TL (*Tube Lumination*)

Lampu TL (*Tube Lumination*) sering disebut juga lampu fluorescent. Dinamakan lampu fluorescent sebab pada dindingnya terdapat lapisan-lapisan fluorescent.

Lampu fluorescent tergolong lampu gas, sebab didalamnya diisi dengan gas mulia sebagai penyalur listrik.

Rangkaian lampu fluorescent tidak seperti lampu pijar, rangkaiannya masih harus dilengkapi dengan komponen bantu seperti terlihat pada gambar II.8 di bawah ini



Gambar II.8 Bagian-bagian lampu TL (*Tube Lumination*)

Konstruksi

Tabung fluorescent berbentuk tabung gelas, di bagian tabungnya dilapisi serbuk fluorescent. Dalam tabung diisi dengan uap air raksa dan gas argon. Di kedua ujungnya terdapat elektroda yang dibuat dari kawat wolfram yang dilapisi dengan bahan yang mudah melepaskan elektron apabila dipanasi. Bahan ini antara lain barium, karbonat strontium dan kalsium. Ujung-ujung elektroda dikeluarkan dan merupakan tempat sambungan listrik.

3. METODELOGI

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Yakni berupa rancang bangun rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan awal lampu TL.

Objek penelitian adalah rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan lampu TL dilengkapi dengan saklar tunda otomatis yang menghubungkan lampu ke transformator setelah beberapa saat.

Adapun desain penelitian yang digunakan adalah *The One Shot Case Study*. Alat penyalan awal lampu TL (*Tube Lumination*) diberikan tegangan masukan dari PLN sebesar 220 volt, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap besaran-besaran yang ada meliputi : tegangan, arus, daya, faktor daya, kuat penerangan, energi listrik yang diserap selama satu jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, sebagai objek penelitian adalah rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan lampu TL (*Tube Lumination*). Kemudian pengambilan datanya diperoleh dengan melakukan percobaan, dan data hasil penelitian disajikan dalam deskripsi data sebagai berikut.

4.1 Deskripsi Data

Dalam deskripsi data, disajikan data hasil percobaan dimana pengambilan data dilakukan melalui pengukuran. Adapun data hasil pengukuran yang telah dilakukan meliputi : (1) rangkaian catu daya, (2) rangkaian pengganda tegangan, (3) transformator, (4) saklar tunda, (5) kuat penerangan lampu TL (*Tube Lumination*), (6) daya lampu TL (*Tube Lumination*), (7) energi listrik.

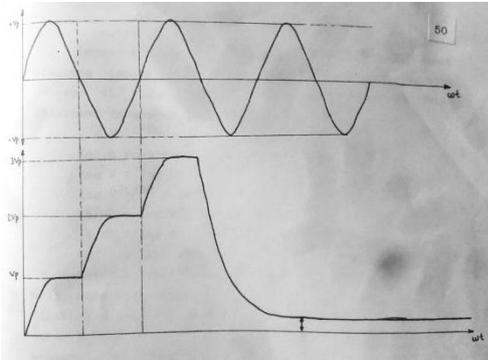
4.2 Pembahasan

Setelah melakukan penelitian tentang unjuk kerja rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan lampu TL, maka hasil pengukuran telah disajikan dalam deskripsi data, selanjutnya dalam pembahasan ini akan dibahas hasil penelitian yang telah dilakukan.

Peralatan penyalan lampu TL yang diteliti telah mendapatkan hasil yang baik, karena semua subsistem sudah bekerja seperti yang diharapkan.

Pengganda tegangan tiga kali (*voltage tripler*) sudah bekerja dengan baik, menghasilkan tegangan keluaran

818 volt. Setelah dihubungkan dengan beban, maka C3 akan terjadi pengosongan melalui tahanan beban. Gambar di bawah ini menjelaskan proses pengosongan sehingga mencapai tegangan nyala dari lampu TL. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan 45 volt.



Pengosongan kapasitor C3 mencapai tegangan nyala lampu TL sebesar 45 volt. Sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai tegangan kerja dari lampu TL dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V1 = Ve^{-t/RC}$$

Harga R dicari dengan menggunakan persamaan $R = V/I$, sedangkan $I = P/V$. Daya (P) dari lampu TL sebesar 10 watt, sedangkan tegangan menunjukkan 45 volt. Dengan memasukkan persamaan tersebut $I = 10 \text{ watt}/45 \text{ volt}$, $I = 0,22 \text{ A}$ sehingga besarnya $R = 45 \text{ volt}/0,22 \text{ A}$, R sama dengan 204,5 ohm.

Dengan penerapan persamaan $V1 = Ve^{-t/RC}$ maka dapat dihitung lama waktu pengosongan untuk mencapai tegangan sebesar 45 volt tersebut. Adapun perhitungannya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$V = Ve^{-t/RC}$$

Kedua ruas dilogkan sehingga menghasilkan

$$\log V = \log Ve^{-t/RC}$$

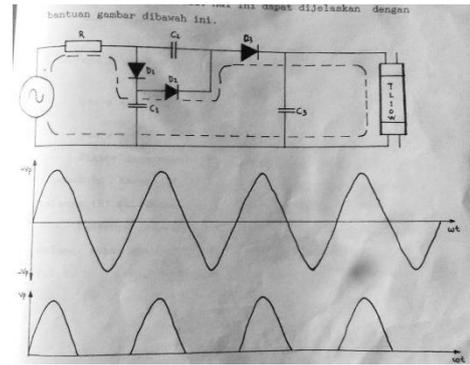
$$\log Ve^{-t/RC} = \log V$$

$$-t/RC = \log V / \log Ve$$

$$-t/RC = \log 45 - \log 818e$$

$$T = 11,5 \text{ detik}$$

Setelah lampu TL menyala maka tegangannya sebesar 45 volt, maka pada kapasitor tidak terjadi pengisian kembali disebabkan arus langsung mengalir ke beban yang mempunyai tahanan yang lebih kecil. Hal ini dapat dijelaskan dengan bantuan gambar di bawah ini.



Pada saat lampu TL mendapat suplai dari rangkaian pengganda tegangan berarti mendapat aliran arus DC. Daya dapat dihitung dengan persamaan $P = V \times I$ dengan faktor daya satu. Apabila harga-harganya dimasukkan maka akan didapatkan daya sebesar $P = 45 \text{ volt} \times 0,21 \text{ Ampere} = 9,45 \text{ watt}$.

Tegangan sekunder transformator digunakan untuk mensuplai lampu TL, dengan demikian lampu TL mendapat suplai tegangan AC. Sehingga besarnya daya dapat dihitung dengan persamaan $P = V \times I \times \cos \phi$. $\cos \phi$ dapat dihitung dengan metode 3 volt meter. Adapun persamaan yang berlaku adalah

$$\cos \phi = \frac{V3^2 - V2^2 - V1^2}{2 \cdot V1 \cdot V2}$$

$$\cos \phi = \frac{60^2 - 20^2 - 45^2}{2 \cdot 45 \cdot 20}$$

$$\cos \phi = \frac{3249 - 400 - 1849}{1720}$$

$$\cos \phi = 0,8$$

Faktor daya sebesar 0,8 lag (ketinggalan). Hal ini disebabkan karena lilitan bersifat induktif seri dengan tahanan (R) sehingga total impedansinya adalah $Z = R + jX$.

Besarnya energi listrik yang diserap oleh lampu TL selama satu jam dapat dihitung dengan persamaan : $W = V \cdot I \cdot t$.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang unjuk kerja rangkaian pengganda tegangan untuk penyalan awal lampu TL (*Tube Lumination*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rangkaian pengganda tegangan yang mampu untuk penyalan lampu TL (*Tube Lumination*) adalah rangkaian pengganda tegangan tiga kali (voltage tripler) yang menghasilkan tegangan sebesar 818 volt.
2. Besarnya tegangan lampu TL (*Tube Lumination*) sebesar 45 volt, arus yang mengalir 0,21 A, besarnya daya yang diserap adalah 9,45 watt, dan kuat penerangan yang dihasilkan sebesar 75 lux.
3. Besarnya tegangan lampu TL (*Tube Lumination*) sebesar 43 volt, arus yang mengalir 0,266 A, besarnya daya yang diserap adalah 9,156 watt, faktor daya 0,8, dan kuat penerangan yang dihasilkan sebesar 60 lux.

4. Besarnya energi listrik yang digunakan selama satu jam sebesar 0,03 KWH.

Daftar Pustaka

- [1] Berahim, Hamzah. (1991). *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [2] Boylestad, Robert. L. (1985). *Introductory Circuit Analysis 4th Edition*. Columbus, Ohio: A Bell & Howell Company.
- [3] David Cooper, William. (1985). *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*. Jakarta : Erlangga.
- [4] Depdikbud. (1989). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Elex. (1985). *Informasi Praktis Elektronika No. 10*. Jakarta: PT. Multi Media.
- [6] Malvino, Albert Paul. (1985). *Semiconductor Circuit Approximation*. (alih bahasa oleh Barmawi dan Tjia, 1986. Jakarta: Erlangga) Mc Grow-Hill, Inc.
- [7] Marrapung, Muslimin. (1989). *Rangkaian Listriki*. Bandung: CV. ARMICO.
- [8] Milman and Halkias. (1971). *Integrated Electronic: Analog and Digital Circuit and System*. (alih bahasa oleh Barmawi dan Tjia, 1986. Jakarta: Erlangga). Mc Grow-Hill, Inc.
- [9] Sapi'ie, Soedjana. (1982). *Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [10] Savant, Rodent, Carpenter. (1987). *Electronik Circuit design; an engineering Approach*. Menlo Park, Cal : The Benyamin/Comingsn Publishing Company Inc.
- [11] Setiawan. (1985). *Instalasi Arus Kuat II*. Bandung Bina Cipta.
- [12] Sukamto, dkk. (1991). *Pedoman Penelitian*. Yogyakarta: Pusat Penelitian IKIP Yogyakarta.
- [13] Sukamto, dkk. (1996). *Pedoman Penelitian Skripsi dan Bukan Skripsi*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta.
- [14] Tomer, B. Robert. (1961). *Semiconductor Hanbook*. (rev.ed). Indianapolis, Indiana : Howard W. Sams & co., Inc.
- [15] Uria, Tadius. (1988). *Dasar-dasar Transistor*. Jakarta: Depdikbud.